# 褐飞虱的飞翔能力*

陈若篪　吴家荣　祝树德**　张建新**
（南京农学院植物保护系）

**摘要**　利用飞行磨（flight mill）装置对褐飞虱的飞行能力进行测试的结果表明：褐飞虱雌虫卵巢发育在Ⅰ级末期至Ⅱ级初期时飞行能力最强。种群持续飞行超过50分钟以上的个体比例占47.7%，起始飞行的低温阈值为13.2±0.8℃，最适于飞行的温度范围在22—26℃，高湿有利于飞行；当风速小于1.63米·秒$^{-1}$时，可作逆风飞行，超越此值则仅作顺风飞行；光照强度对持续飞行无明显影响。褐飞虱持续飞行后由于能量的消耗体重明显下降。

**关键词**　褐飞虱　飞翔能力　飞行磨

昆虫的飞行能力应包含昆虫飞行的持续时间（T）和飞行速度（V）两个基本的因素。日本大久保宣雄（1971）曾设计了固定悬吊装置测试褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 持续飞行的时间及其有关的影响因素；英国 Baker 和 Cooter 等（1980）则应用飞行秤（flight balance）测定了热带地区田间和实验室内褐飞虱种群的持续飞行时间和抬升力。但在以上作者的报道中，由于缺乏对褐飞虱飞行速度的测定，因此，在分析褐飞虱飞行能力时尚感不够完善。

本试验应用自行设计的飞行磨（flight mill）和自动记时、记数装置，定量地测定了褐飞虱的飞行能力，包括持续飞行时间T、飞行速度V和飞行路程S等，并在人工气候箱内模拟不同的环境条件，以便测定对褐飞虱飞行能力的影响，从而进一步分析和验证褐飞虱在自然条件下远距离迁飞与天气条件的关系。

## 研究材料和方法

### 一、虫源

试验虫源均由养虫室系统饲养提供。测定褐飞虱雌虫不同卵巢发育阶段的飞行能力的虫源，系在水稻生育后期，选取虫口密度高的养虫池内的五龄若虫，移至室内饲养羽化后的不同日龄的长翅雌虫；其它悬吊飞行试验项目的虫源，均为当天日出前在养虫池纱笼顶部捕捉起飞的长翅成虫。

### 二、悬吊飞行装置

悬吊飞行装置由主件飞行磨和附件自动计数器及记时器组成(图1)。飞行磨包括悬吊臂和轴承支架两部件。悬吊臂用直径为0.1—0.2毫米，长度为160毫米的细钢丝，中央固定有一钢质转轴，支架上的轴承采用时钟上的钻石摆罗丝装置而成。自动记数器由光

本文于1982年8月收到。
* 本文承丁锦华同志提出修改意见，谨此致谢。
** 为本系77,78届学员。

电信号转换器、信号放大器和 DJ15-5 型记数器组配而成，其原理是：当飞行磨转动时，即在光束聚焦点上出现一次遮光，使光电信号转换间断一次，引起放大器输入信号发生改变，并经晶体管放大电路，放大后输入计数器，便出现自动记数。计时器由记时鼓、记录笔和继电器等组成。

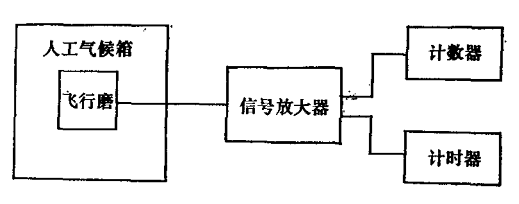



图 1 悬吊飞行装置示意图

### 三、悬吊和测试方法

先将供试成虫用乙醚麻醉，随后将麻醉的成虫散放于泡沫塑料上，用飞行磨吊臂的端部蘸喷漆少许，粘住褐飞虱的前胸背板，当褐飞虱苏醒，出现飞翔动作后，即安放于飞行磨轴承架上飞行。测试时，悬吊飞行磨安装于人工气候箱内，以便调控测试条件(图 2)。

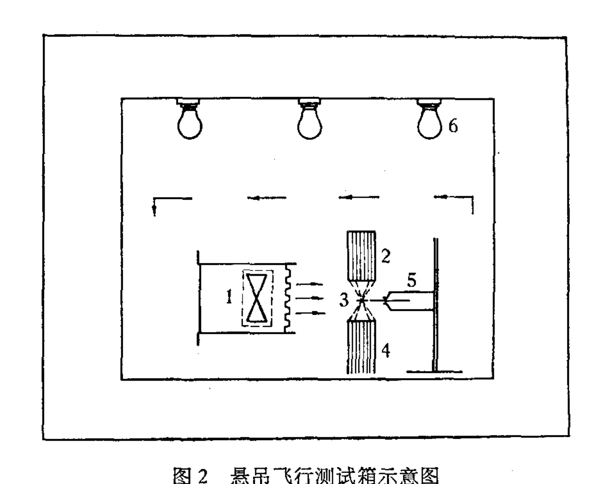



图 2 悬吊飞行测试箱示意图

1.风扇 2.光源 3.光束聚焦点 4.光-电信号转换器 5.飞行磨 6.灯泡

## 研 究 结 果

### 一、褐飞虱雌虫在卵巢不同发育阶段的飞行能力

将羽化后不同日龄的褐飞虱长翅雌虫，在静风条件下作悬吊飞行试验。试验的温度范围为 26—30℃，相对湿度在 70% 左右。每头雌虫在悬吊飞行结束后立即解剖卵巢，以确定发育级别，各级雌虫测定 10—15 头。

测定结果表明，卵巢发育处于 I 级初期的雌虫无飞翔能力；卵巢发育至 I 级末期到 II 级初期时飞行能力最强，平均持续飞行 5.1 小时，飞行速度为每分钟 17.6 米，飞行距离为 6.5 公里，发育至 II 级中后期和 III 级时，飞行持续时间和飞行速度均明显下降，飞行路程很短；发育至 IV 级进入产卵盛期时，则无飞行能力，但在产卵末期雌虫卵巢发育进入 V 级时，则有 26.7% 的个体又重新出现飞行能力，但飞行能力很弱(图 3)。

### 二、褐飞虱试验种群持续飞行的比例

于日出前，在大型纱笼顶壁收集起飞的长翅雌虫，测定各个体持续飞行时间，结果如表 1。由表 1 看出褐飞虱种群内个体间的持续飞行时间差异较大，在试验种群内有 52.3%

的个体不表现飞翔行为或飞行持续时间低于 50 分钟；47.7% 的个体飞行能力可持续飞行50分钟以上，个别雌虫可持续飞行 23.5 小时，飞行距离达 32.4 公里。

**表 1　褐飞虱试验种群持续飞行的比例**

（测试雌虫 151 头）

| 持续飞行时间(分钟) | 个体数(头) | 百分比率% | |
|---|---|---|---|
| 0 | 49 | 32.4 | 52.3 |
| ≤50 | 30 | 19.9 | |
| 51—200 | 29 | 19.2 | 47.7 |
| >200 | 43 | 28.5 | |

## 三、环境条件与褐飞虱飞行能力的关系

### 1. 温度

(1) 褐飞虱在不同温度条件下的飞行能力

在人工气候箱内将温度调控在 20、24、28 和 33℃ 等四种不同处理，相对湿度均控制在 70% 左右。分别测定卵巢发育为 I 级末期至 II 级初期雌虫的飞行能力。每温度处理测定 10—22 头，结果见图 4。

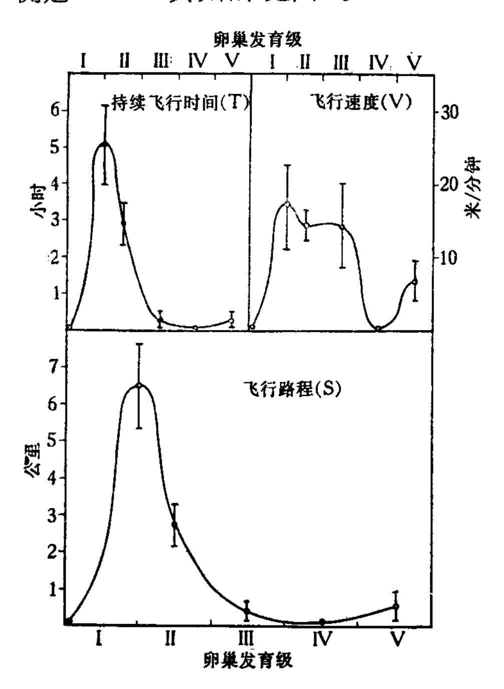



图 3　不同发育阶段雌虫飞行能力

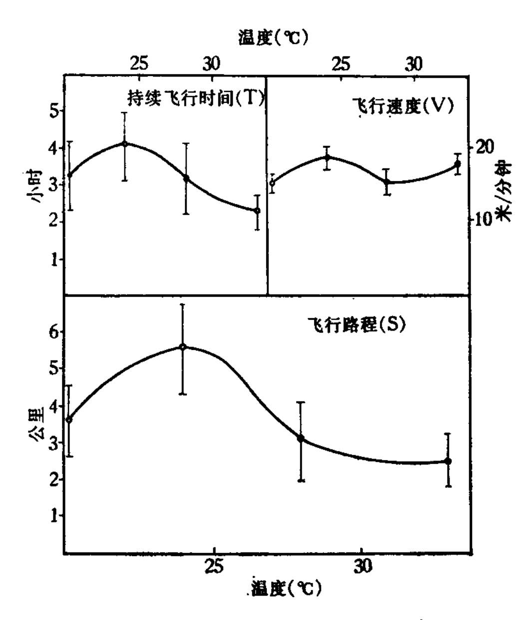



图 4　温度对褐飞虱飞行能力的影响

从图 4 看出，褐飞虱在 22—26℃ 的温度范围内飞行力最强，温度高于或低于此范围，飞行能力即下降。

(2) 起始飞行和停止飞行的低温阈值

在人工气候测试箱内，对在低温条件下表现无飞翔行为的雌虫，通过调变升温测定其

起始飞行的温度。每头供试雌虫重复测定 2—3 次,以便比较和确定各头测试雌虫的最低起飞温度。本试验共计测定 15 头雌虫,起始飞行温度的平均值为 13.2±0.8℃。

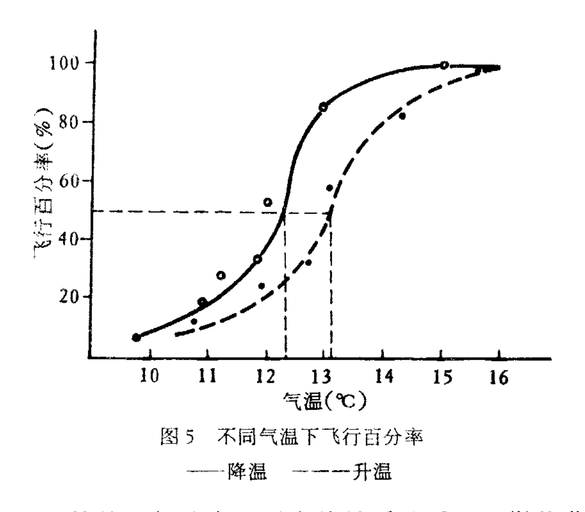



图 5 不同气温下飞行百分率
——降温 ———升温

另外,对处于正常飞行状态中的褐飞虱雌虫,通过连续调变降温来观察停止飞行的下限温度,试验合计测定 15 头,其平均值为 12.4±0.9℃。通过 t 值检验,褐飞虱雌虫的起始飞行温度和停止飞行的下限温度间无明显差别(图5)。

(3) 温度对持续飞行速度的影响

褐飞虱在开始飞行的 20—40 分钟内飞行速度较快,以后即进入恒速巡航(陈若篪,1983)。本试验通过连续调变空气温度,观察处于恒速巡航状态中的褐飞虱飞行速度的变化。结果表明,褐飞虱持续飞行速度与温度的关系几乎呈一抛物曲线。在低温范围内,褐飞虱持续飞行速度随温度升高而加快,在温度 25.8℃ 时飞行速度最高达 22 米·分$^{-1}$,以后随温度上升飞行速度又逐渐下降至 40℃ 完全停止飞行(图 6)。

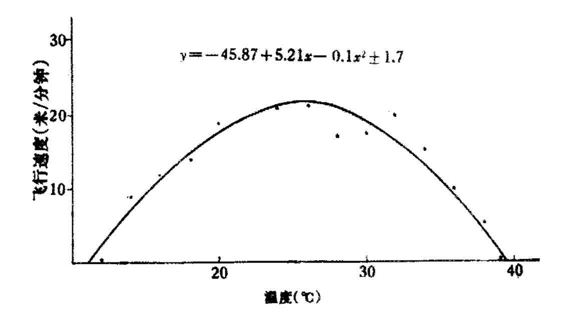



图 6 温度对褐飞虱飞行速度的影响

**2.** 湿度

在密闭的测试箱内,分别应用氯化镁、硝酸铵、氯化钠和水等。使箱内相对湿度控制在 45、64、78 和 90% 的不同湿度条件,进行褐飞虱飞行能力的测定。每湿度处理测定 10 头,测试箱的温度为 28℃。

试验结果说明,在 28℃ 条件下,褐飞虱的飞行能力随相对湿度的增高明显上升,在相对湿度 90% 的条件下,褐飞虱平均持续飞行 15±1.3 小时,飞行速度为每分钟 22.4±1.8 米,飞行距离达 20.4±2.5 公里;相对湿度低时不利于飞行,在相对湿度低于 40%时,则不能飞行(图 7)。

**3.** 风

在风速每秒 0—3.5 米范围内,调变褐飞虱悬吊飞行时的风向和风速,观察褐飞虱的飞翔行为。结果是当风速在 0.52±0.21 米·秒$^{-1}$时,褐飞虱能逆风飞行,飞行前进的速度等于静风时飞行速度减去风速;当风速超越 1.63±0.65 米·秒$^{-1}$时,褐飞虱仅作顺风飞行;在风速大于飞虱自身飞行速度 (0.3—0.4 米·秒$^{-1}$)时,飞行前进的速度等于风速。

**4.** 光

在春夏季褐飞虱一般于日出前或日落后起飞(大久保,1973;陈若篪,1980),起飞时的光强度一般在 1—200Lux 之间。本试验分设在黑暗及白天自然光照条件下两种处理,观察褐飞虱飞行能力,结果两处理间褐飞虱的飞行能力无明显差异(表 2)。

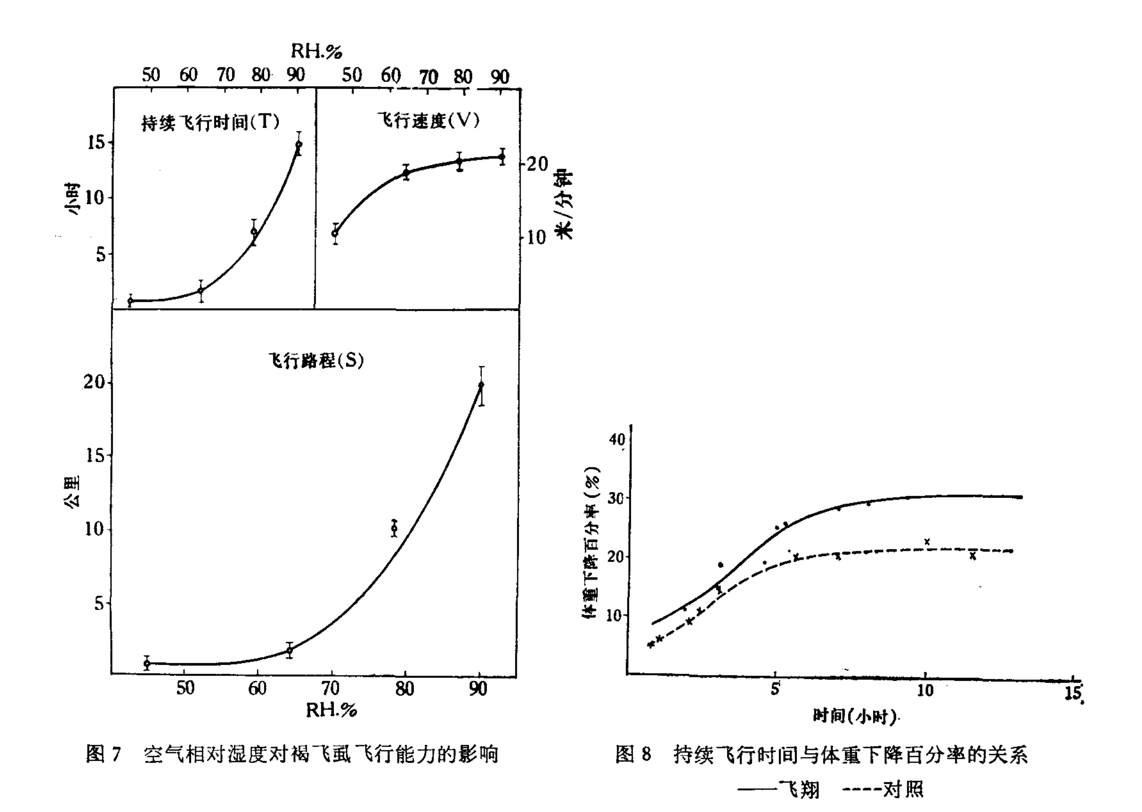



图 7　空气相对湿度对褐飞虱飞行能力的影响

图 8　持续飞行时间与体重下降百分率的关系
——飞翔　----对照

**表 2　光对褐飞虱飞翔能力的影响**

| 光照条件 | 悬吊虫数(头) | 飞行能力 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 持续飞行时间(分钟) | 飞行距离(米) | 飞行速度(米/分钟) |
| 黑暗 | 11 | 225.9±64.2 | 5434.7±917.9 | 18.98±1.4 |
| 自然光照 | 12 | 239.15±60.6 | 4336.7±1024 | 15.15±1.6 |

### 四、褐飞虱飞行期间的体重变化

本试验是在温度 28℃，相对湿度 80% 的条件下，分别测定褐飞虱在不同持续飞行时间前后体重的变化，另外，以相同发育阶段不表现飞翔行为的褐飞虱，在相同条件下悬吊(相应的)不同时间后测定体重，以作对照。

测定结果证明，褐飞虱在悬吊飞行期间，由于能源物质的消耗，体重明显下降。持续飞行13小时后，体重下降30%(图 8)。经解剖观察，一般持续飞行 10 小时以上的个体，腹部脂肪则几近耗尽。

## 讨　　论

从上面的测试结果看出，应用悬吊飞行磨可相对地测定褐飞虱的飞行能力，并为分析和验证褐飞虱远距离迁移的天气条件提供实验依据。

根据飞机航捕结果，褐飞虱春、夏季的迁移飞行高度一般在 1,500—2,000 米左右，秋

季在 500—1,000 米之间(邓望喜，1981)。从本试验的结果看出，处于起飞迁移状态的褐飞虱在生理上已具备克服近地面大气边界层主动升入水平运载气流轨道的能力，如按垂直距离计算，在春、夏季褐飞虱约需一小时左右，秋季约半小时即可进入运行高度。

在高空褐飞虱主要依靠高空水平输送气流作远距离迁移。空气湿度高有利于褐飞虱持续飞行和存活，因此在迁移过程中褐飞虱仍具有群集于湿度大的空间(如云雾中)迁移的能力。在运行途中，如遇风向复合，褐飞虱因缺少穿越槽线，切变线、脊线、锋线等作逆风飞行的能力而被拦截降落成为迁入地的虫源。

在影响因素中空气温度对褐飞虱飞行高度和降落亦应有重要的影响。根据测定结果，褐飞虱起始飞行的低温阈值为 13.2±0.8℃，适于飞行的温度范围在 22—26℃，这意味着褐飞虱迁移飞行的高度将因空间气温的季节变动而有主动选择；在风向复合区内亦因常伴随气温骤降而抑制飞行。

## 参 考 文 献

程遐年、陈若篪等 1979 褐飞虱迁飞规律的研究。昆虫学报 **22**(1): 1—21。
陈若篪、程遐年等 1979 褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系。昆虫学报 **22**(3): 280—7。
陈若篪、程遐年 1980 褐飞虱起飞行为与自身生物学节律、环境因素同步关系的初步研究。南京农学院学报 2:42—9。
陈若篪 1983 脂类作为褐飞虱飞行能量来源的研究。昆虫学报 **26**(1): 42—8。
江广恒等 1981 褐飞虱远距离向北迁飞的气象条件。昆虫学报 **24**(3): 251—61。
江广恒等 1982 褐飞虱远距离向南迁飞的气象条件。昆虫学报 **25**(2): 147—55。
邓望喜 1981 褐飞虱、白背飞虱空中迁飞规律的研究。植物保护学报 **8**(2): 73—81。
Baker, P. S., Cooter, R. J., Chang, P. M. and Hashim, H. B. 1980 The flight capabilities of laboratory and tropical field populations of the brown planthopper. *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae). *Bull. ent. Res.* **70**: 589—600.
Dingle, H. 1965 The relation between age and flight activity in the milkweed bug, *Oncopeltus. J. exp. Biol.* **42**: 269—83.
Johnson, C. G. 1969 Migration and dispersal of insect by flight. Methuem Co Ltd, London.
Kennedy, J. S. and Booth, C. O. 1963 Free flight of aphids in laboratory, *J. exp. Biol.* **40**: 67—85.
Ohkubo, N. 1973 Experimental studies on the flight of planthoppers by the tethered flight technique. 1. Chracteristics of flight of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål and effects of some physical factors. *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **17**: 10—8.

# FLIGHT CAPACITY OF THE BROWN PLANTHOPPER *NILAPARAVATA LUGENS* STÅL

CHEN RUO-CHI WU JIA-RONG ZHU SHU-DE ZHANG JIAN-XIN
(*Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural Coolege*)

The flight capacity of the brown planthopper *Nilaparavata lugens* Stål has been determined by means of flight mill from 1981 to 1982. It was shown that the macropterous females at the end of the first to early second ovarian developmental stages could make the most durable flight. In the laboratory 52.3% of the tethered insects flew less than 50 minutes. The temperature range suitable for flight is from 22° to 26°C and the thermal threshold of flight is 13.2 ± 0.8°C. High relative humidity is of great advantage for the flight, e.g., at 90% RH the flight duration, velocity and distance have been recorded 15 hours, 22.4 meters per minute and 20.4 km respectively. When the speed of air current is less than 1.63 meters per second the insect can make either downwind or upwind flight, If it exceeds this limit, however the insect can only fly downwind. The light intensity did not affect the flight capacity. A loss of body weight of the insect up to 32% was recorded in a flight lasting 805 minutes.

**Key words:** *Nilaparavata lugens* Stål—flight capacity— flight mill